

Projecte de Fi de Carrera
Enginyeria Industrial

TÍTOL DEL PROJECTE DE FI DE CARRERA

Memòria

Autor: Arnau Villoro Bort
Director: Sergi Grau Carrión
Ponent: Lluís Solano Albajes
Convocatòria: Juny del 2015



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

Aquí anirà el resum.

Sumari

Resum	iii
Glossari	vii
Prefaci	xiii
0.1 Origen del projecte	xiii
0.1.1 Motivació	xiii
1 Introducció	1
1.1 Objectius del projecte	1
1.2 Abast del projecte	1
2 Experiència d'Usuari	3
2.1 Que s'entén per Experiència d'Usuari	3
2.2 Com s'estudia l'Experiència d'Usuari?	3
2.2.1 Anàlisi	4
2.2.2 Disseny	8
2.2.3 Implementació	10
2.2.4 Avaluació	11
2.3 El procés iteratiu	14
3 Estat de l'art	17
3.1 Aplicacions existents	17
4 Estudi <i>User Experience</i> (UX)	19
4.1 Anàlisi	19
4.1.1 Investigació contextual	19
4.1.2 Anàlisi contextual	19
4.1.3 Extracció dels requeriments d'interacció	21
4.1.4 Construcció de models informatius per al disseny	21
5 Parts rellevants de l'aplicació	23
5.1 Problema del repartiment de despeses	23
5.1.1 Primera modelització del problema amb resolució exacte	24
5.1.2 Modelització millorada amb resolució exacte	25

5.1.3	Estudi del temps computacional de la modelització millorada	26
5.1.4	Algoritme final	27
5.2	Disseny de la base de dades	27
6	Impacte ambiental	33
7	Estudi de costos	35
8	Conclusions	37
9	Agraïments	39

Llista d'acrònims

PFC Projecte Final de Carrera

UX *User Experience*

UI *User Interface*

WAAD *Work Activity Affinity Diagram*

Glossary

Backend as a Service (BaaS) És un model per proveir als desenvolupadors d'aplicacions mòbils una forma d'emmagatzematge de dades al núvol i altres funcions.. 27

Branch and bound És un algoritme d'optimització emprat, entre d'altres problemes, per trobar una solució amb variables enteres a partir d'una on totes les variables tenen valors reals.. 27

SQLite Llenguatge per a bases de dades relacionals basat en SQL.. 27

SUS Qüestionari d'UX amb 10 preguntes que permet puntuar un producte o sistema. 17

smartphone Telefon intel·ligent que permeten realitzar tasques semblants a les realitzades per ordinadors. xiii, 1, 21, 27

wireframe És una representació estàtica de baixa fidelitat d'un disseny. Mostra la estructura general així com les diferents parts que la componen representat per caixes o formes. 15

Android Sistema operatiu mòbil amb el qual funcionen la majoria de dispositius mòbils. ix, xiii, 1, 9, 17

disseny conceptual és un tema, noció o idea amb el propòsit de comunicar una visió del disseny del sistema o producte. És la part del disseny del sistema que porta el model mental del dissenyador a la vida.. 9












Google Play Botiga virtual de Google en la qual es troben les aplicacions per a dispositius mòbils que funcionen amb Android (<https://play.google.com/store/apps>). 17, 19

LP solve Llibreria per a resoldre problemes de programació lineal, incloent PLEM [<http://lpsolve.sourceforge.net/>]. 26

Nexus 5 *Smartphone* creat expressament per a desenvolupadors al 2013.. 26

nota d'activitats de treball es tracta de notes que parafrasegen i representen la opinió d'un usuari per a facilitar la comprensió de la opinió dels usuaris.. 5, 6, 19, 21

Apps

Núm.	Icona	Nom	Autor
App 1		Expense Manager	Bishinews
App 2		Expense Manager	Markus Hintersteiner
App 3		Droid Wallet	William Bruno
App 4		Financius - Expense Manager	Mantas Varnagiris
App 5		Expense IQ	Handy Apps
App 6		Diario Gasto Gerente (Daily Expense Manager)	Gullak
App 7		Money lover - Expense Manager	ZooStudio
App 8		AndroMoney (Expense Track)	AndroMoney
App 9		Settle up	David Vávra
App 10		Splitwise	Splitwise
App 11		Expensor	Arnau Villoro

Prefaci

0.1 Origen del projecte

Des que tinc memòria he estat molt interessat en la gestió de la informació i de les dades, així com l'enregistrament d'aquestes. No és estrany doncs, el meu interès per a gestionar i controlar les meves despeses. Amb l'aparició dels *smartphones*, o telèfons intel·ligents, portar un registre de despeses va passar a ser quelcom bastant fàcil. Només calia descarregar-se una aplicació per al mòbil i amb aquesta podies fàcilment apuntar totes les despeses.

Més endavant vaig descobrir que també hi havia aplicacions que permetien dividir fàcilment les despeses fetes en grup, per a gestionar, per exemple, un viatge amb els amics. Però amb el temps em vaig adonar que, tot i provar-ne moltes, no hi havia cap aplicació que satisfés les meves necessitats. Va ser per això que, cap al Octubre del 2013, vaig decidir que havia de crear jo la meva aplicació.

El problema va ser que en aquell moment em faltaven molts coneixements, però el que em mancava, ho compensava amb moltes ganes i il·lusió. Mig any després i amb moltes hores invertides, ja havia après a usar el llenguatge Java, així com a fer aplicacions per a Android.

Paral·lelament vaig començar a buscar idees sobre que podia fer el meu Projecte Final de Carrera (PFC). Fins que un bon dia vaig veure unes propostes del Sergi (el meu tutor del PFC) a la borsa de projectes, sobre coses relacionades amb Android i aplicacions, i que estava obert a propostes.

A partir d'aquí només va caldre una reunió per a entendre'ns, i així va ser com vam començar aquest projecte.

0.1.1 Motivació

Chapter 1

Introducció

1.1 Objectius del projecte

L'objectiu d'aquest PFC és fer un estudi de l'Experiència d'Usuari o *User Experience*(UX) per una aplicació que serveixi per a gestionar les despeses personals domèstiques. Amb aquest estudi es pretén arribar a definir com ha de ser aquesta aplicació per a que garanteixi una bona UX. I un cop definida com ha de ser, se'n faran proves de concepte basades en aquesta definició.

Concretament es busca dissenyar una aplicació que:

- Permeti enregistrar despeses i ingressos tot categoritzant-los.
- Serveixi per a recordar els deutes (positius o negatius) que es tenen amb diverses persones.
- Faciliti la gestió de despeses grupals alhora que permeti saldar els deutes minimitzant les transaccions entre els membres.
- Permeti exportar/importar les dades, tant per a fer còpies de seguretat com per si l'usuari vol utilitzar-les externament.
- Sigui intuïtiva i senzilla de fer servir.
- Visualment sigui agradable i minimalista per a que sigui agradable i còmode per a l'usuari.

1.2 Abast del projecte

En aquest projecte s'estudiarà l'UX per a l'aplicació esmentada tot definint quines utilitats i funcionalitats ha de tenir l'aplicació i com ha de ser la *User Interface* (UI). L'estudi s'enfocarà únicament en una aplicació per a dispositius mòbils que funcionen amb Android, l'actual sistema operatiu més utilitzat[1] en *smartphones* o telèfons intel·ligents. Finalment en quan al desenvolupament de l'aplicació, no es considera factible crear-la sencera amb totes els requeriments que es dedueixin amb l'estudi de l'UX. És per això que es faran proves de concepte intentant apropar-se el màxim possible a com hauria de ser l'aplicació.

Chapter 2

Experiència d'Usuari

2.1 Que s'entén per Experiència d'Usuari

Segons Rex Hartson (2012, p. 19)[2], l'UX és la totalitat de l'efecte o efectes que sent (o experimenta) internament l'usuari com a resultat de la interacció, i del context d'ús, amb el sistema, dispositiu o producte. És a dir, una bona UX es produirà quan l'usuari gaudeixi interaccionant i utilitzant el dispositiu o producte. Interacció i ús s'empren en un sentit molt ampli, ja que inclouen veure, tocar, pensar sobre el producte/dispositiu o fins i tot admirar-lo. A més, l'UX també engloba la usabilitat i la utilitat. Certament l'usuari sent internament parts de la usabilitat, com l'augment de productivitat, però hi ha certes manifestacions de usabilitat, com podria ser el temps invertit en la tasca, que representa un component no necessàriament experimentat internament per l'usuari.

2.2 Com s'estudia l'Experiència d'Usuari?

L'UX no pot ser dissenyada ja que depèn, no només del producte en si mateix, sinó que també depèn de l'usuari i la situació en la que l'utilitza [Smashing Magazine, 2012, p. 25-28][4]. I és que no és possible dissenyar ni l'usuari ni la situació. Però el que si es pot fer és dissenyar per a una bona UX i és això el que s'entén per fer un estudi d'UX. Per a fer-ho es seguirian les 4 activitats elementals o etapes que Rex Harton proposa en el seu llibre d'UX [2], que són anàlisi, disseny, implementació i avaluació, tal i com es pot veure a la figura 2.1. Per tal d'aconseguir proporcionar una bona UX aquestes activitats és duen a terme de forma iterativa, ja que no sempre és possible trobar un bon disseny al primer intent.

Aquestes quatre activitats, a grans trets, consisteixen en:

Anàlisi Es basa en entendre les necessitats de l'usuari que utilitzarà el producte.

Disseny Consisteix en la creació de dissenys conceptuals determinant la interacció, el comportament i l'aparença del producte.

Implementació Correspon a la creació de prototips.

Avaluació Es tracta de comprovar si el disseny satisfà les necessitats dels usuaris que s'han determinat.

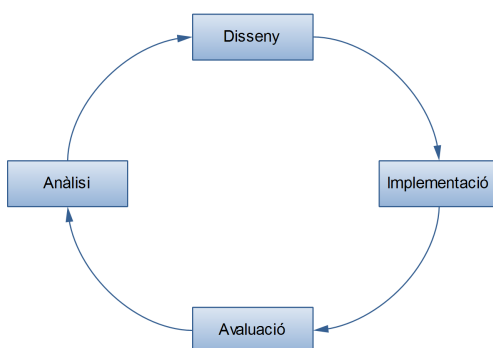


Figura 2.1: Activitats a seguir per a dissenyar garantint una bona UX

2.2.1 Anàlisi

L'objectiu general d'aquesta activitat és definir com són les usuaris potencials. Un cop definits, serviran per a poder extreure com interaccionaran amb el producte, quines necessitats tindran i en conseqüència els requeriments del producte, tal com afirma Rich Fulcher [5].

Dins de l'anàlisi hi ha quatre subactivitats o passos a seguir:

Investigació contextual

Durant la investigació contextual s'estudia com les persones treballen o interactuen amb el producte en el seu entorn de treball. Per treball s'entén l'ús del producte en si i per entorn de treball, l'entorn en que habitualment s'usa aquest. S'utilitzen aquests termes independentment de la tipologia del producte. És a dir, encara que el producte fos un joc, al fet d'utilitzar-lo se l'anomena treballar.

Durant la investigació contextual es tracta d'investigar i descobrir com l'usuari treballa en l'entorn habitual i això no es pot determinar enquestant als usuaris. El problema és que la descripció que pugui fer un usuari de com treballa no és fiable. La forma correcta d'investigar és observant com els usuaris treballen i entrevistant-los mentre ells duen a terme aquesta activitat. Per tant es tracta de:

- Preparar i realitzar visites de camp a l'entorn de treball, on el producte serà utilitzat, de l'usuari/client.
- Observar i entrevistar els usuaris mentre treballen.
- Indagar en l'estructura de la pròpia pràctica de treball de l'usuari.
- Aprendre com la gent treballa en l'entorn en el qual treballarà amb el producte a dissenyar.
- Extreure notes detallades de les observacions i entrevistes.

Durant la investigació contextual és important no preguntar als usuaris que volen o necessiten. En aquesta etapa no es busca que necessiten sinó observar i entrevistar els usuaris en el seu entorn de treball sobre com treballen.

Anàlisi contextual

L'essència d'aquest pas és el processament, la interpretació i l'anàlisi de la informació aconseguida a la investigació contextual (apartat 2.2.1). Això s'aconsegueix a base de:

- Crear un model de flux.
- Sintetitzar la informació en notes d'activitats de treball.
- Construir un *Work Activity Affinity Diagram* (WAAD) a partir de les notes d'activitats de treball.

El model de flux és una representació gràfica que explica com les diferents entitats es comuniquen per tal d'aconseguir que el treball es realitzi. Per a poder crear el model de flux cal identificar els rols de treball. Un rol de treball correspon als deures, funcions i activitats que desenvolupa una persona amb cert lloc de treball.

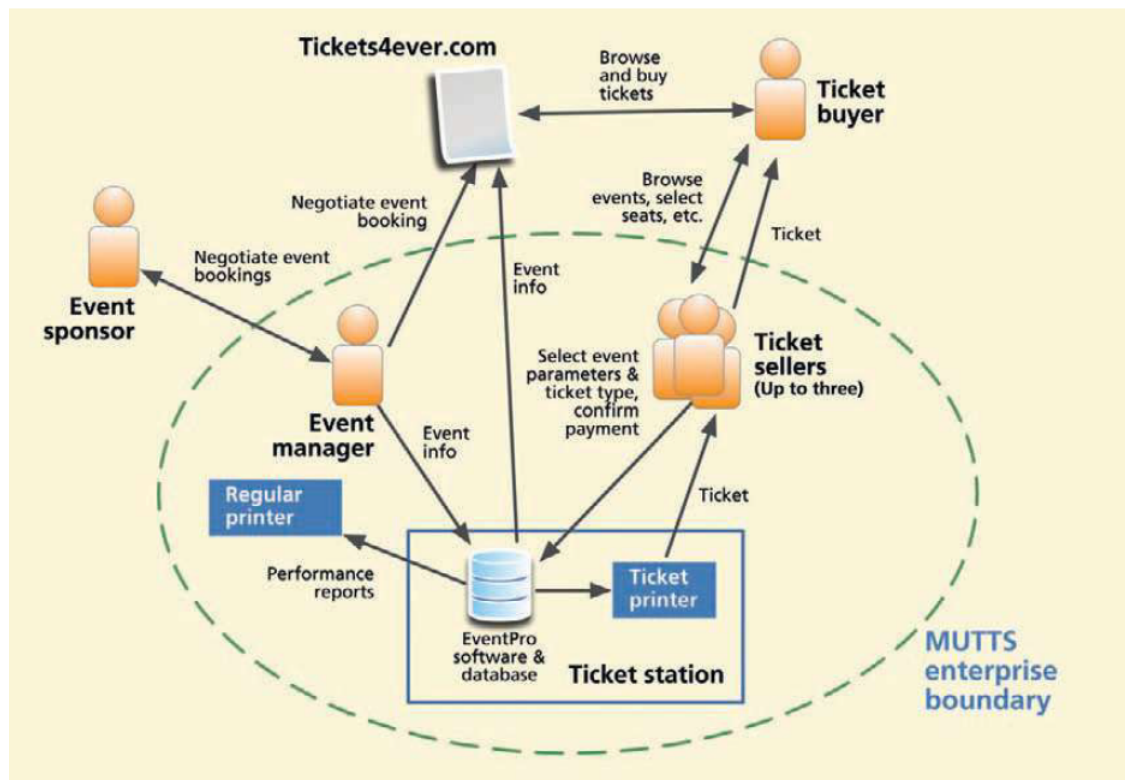


Figura 2.2: Exemple de model de flux.

Paral·lelament a la creació del model de flux, cal sintetitzar la informació en brut que s'ha extret a la investigació contextual. Això es fa creant notes d'activitats de treball les quals, un cop tota la informació ha estat processada, han de representar tota la informació abans extreta. Aquestes notes es caracteritzen per estar escrites en primera persona (des de la perspectiva de l'usuari)

parafrasejant i sintetitzant la opinió d'aquest. Cada nota ha de ser concisa i compacta, de manera que expressi una sola idea. Un exemple d'aquestes notes és el de la figura 2.3. Com es pot veure cal etiquetar les notes amb un identificador representant l'usuari del qual provenen.

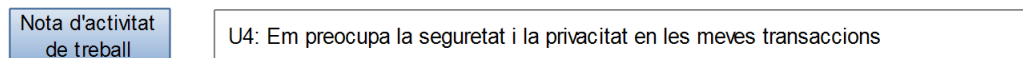


Figura 2.3: Exemple d'una nota d'activitats de treball

Les notes d'activitats de treball serveixen per a construir el WAAD. Aquest diagrama consisteix en l'agrupació de les notes segons grups o afinitats segons la perspectiva de l'usuari. L'objectiu d'aquest diagrama és transmetre de forma clara i ràpida la opinió dels usuaris. El que es busca és que ja no sigui necessari llegir les llargues transcripcions de la investigació contextual ja que el WAAD n'és una representació d'aquesta.

Extracció dels requeriments d'interacció

La idea general d'aquesta etapa es recórrer l'estructura jeràrquica del WAAD per extreure sentències sobre els requeriments del sistema. Això és dur a terme analitzant les notes d'activitats de treball per deduir les necessitats i/o requeriments que cada nota implica. Els requeriments que s'extreuen s'han d'etiquetar per categories (i subcategories si fa falta) juntament amb un identificador que els relacioni amb la nota d'activitats de treball de la qual prové. Així si en un anàlisi posterior sorgeixen dubtes, es pot buscar la font de cada requeriment.

És també important extreure aquells requeriments que l'usuari considera obvis i que per tant no menciona ni descriu i que per tant no estan implícitament a les notes d'activitats de treball.

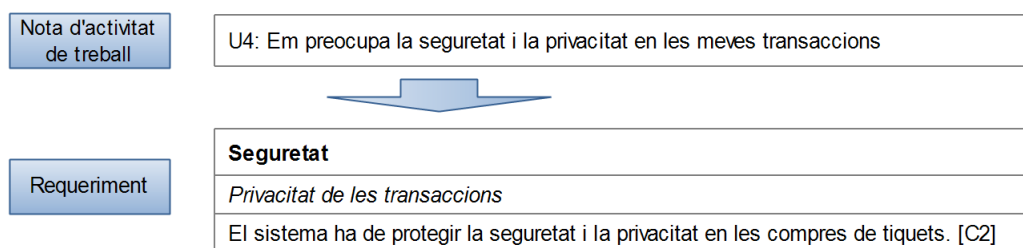


Figura 2.4: Documents resultants de l'extracció de requeriments

A la figura 2.4 es pot veure com s'extreu un requeriment, utilitzant el mateix exemple que abans (figura 2.3). L'etiqueta "C2", fa referència a la posició que ocupava la nota dins el WAAD. S'utilitzen les lletres per anomenar les diferents branques i sub-branques i els números per diferenciar les notes que hi ha la mateixa branca del WAAD.

Un cop generats els requeriments es comprovarà que aquests siguin correctes preguntant directament als usuaris. Sempre que sigui possible es preguntarà als usuaris que van participar en la investigació contextual (apartat 2.2.1 juntament amb d'altres nous usuaris. Aquest pas també pot servir perquè els usuaris ajudin a destacar aquells requeriments que són prioritaris.

Construcció de models informatius per al disseny

Per dur a terme aquesta etapa també cal recórrer el WAAD, és per això que aquesta etapa no és posterior a l'etapa 2.2.1 sinó que les dues es duen a terme de forma paral·lela. L'objectiu d'aquesta etapa és obtenir una sèrie de documents que descriuen tant el sistema actual, com el sistema que es preveu. Aquests documents seran els que es faran servir per a dissenyar el nou producte.

Aquest pas, juntament amb l'anterior (apartat 2.2.1) serveixen de pont entre l'anàlisi en si i l'etapa del disseny. És a dir, serveixen per enllaçar la situació o model actual, amb el model o sistema que s'està dissenyant.

Els documents que s'obtenen en aquesta etapa (figura 2.5) són:

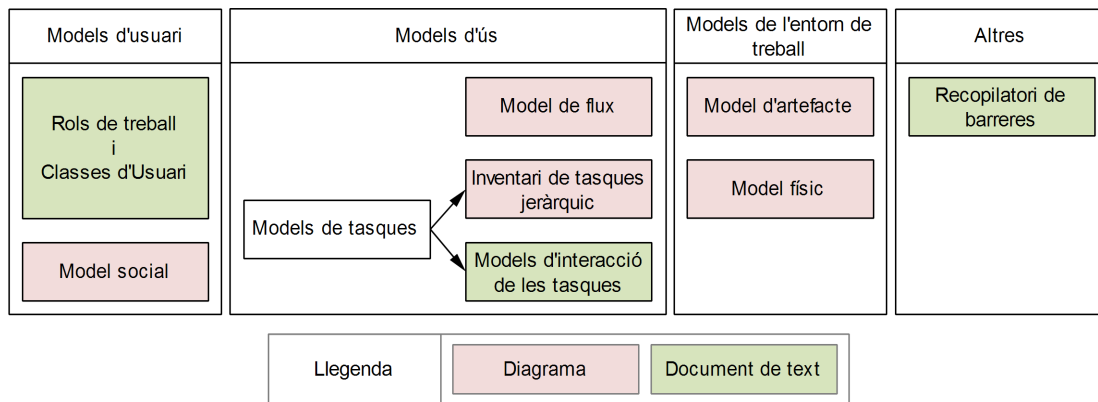


Figura 2.5: Exemple d'extracció de requeriments

Rols de treball Corresponen als deures, funcions i activitats que desenvolupa una persona amb cert lloc de treball.

Classes d'Usuaris Són les diferents característiques de la gent que desenvolupa un rol de treball concret.

Model social És un diagrama que mostra l'organització i relació que existeix entre les diferents persones que intervenen en el sistema.

Model de flux Aquest diagrama mostra com les diferents entitats (ja siguin, persones, aparells o programes) interaccionen entre si i què intercanvien entre elles.

Inventari de tasques jeràrquic Es tracta d'un inventari jeràrquic que mostra les diferents tasques que es poden executar en el sistema.

Models d'interacció de les tasques És un document que detalla com es duen a terme les tasques i com interaccionen les entitats que intervenen (sempre que intervingui més d'una entitat).

Model d'artefacte Aquest diagrama mostra com els diferents elements tangibles interactuen entre si.

Model físic Aquest model mostra la distribució física dels diferents artefactes i entitats.

Recopilatori de barreres És un recopilatori de les barreres que s'han descrit als documents anteriors.

Una barrera és un problema que interfereix amb les operacions que l'usuari executa normalment. És qualsevol cosa que impedeix l'activitat de l'usuari, interromp el flux habitual del treball o interfereix amb el desenvolupament del treball. Seguint les recomanacions de Rex Harton (2012, p. 186) [2] habitualment s'utilitza la mateixa simbologia que Beyer i Holtzblatt [6] per a representar les barreres (el llamp vermell ⚡)

2.2.2 Disseny

Aquest pas consisteix en crear diversos dissenys conceptuals que mostren com serà el producte que es busca crear, determinant com ha de ser la interacció amb aquest i la seva aparença.

Al dissenyar és important saber per a quin tipus d'usuari es dissenya. I és que tal com diu Cooper (2004, p. 124) [3] no és possible crear un disseny que funcioni per a tothom i és millor tenir un petit percentatge de la població completament satisfeta que no pas tota la població mig satisfeta. Afirmo que fins i tot és preferible tenir un percentatge més petit de la població extasiada amb el producte. Per a facilitar que en aquesta etapa es dissenyi per a satisfer totes les necessitats de cert grup de la població, cal crear personatges, creant un personatge per a cada rol definit prèviament. La creació d'aquests personatges és un pas clau per a aconseguir crear un bon producte. Per a crear cada personatge primer es creen personatges a partir dels usuaris que han intervingut a l'anàlisi. Després es fusionen els personatges que tenen les mateixes metes. Ara, d'entre els personatges que queden, cal escollir aquell personatge que, si es dissenya exclusivament per a ell, el producte funcionarà prou bé per la resta de persones. Si cal s'agafaran característiques de diferents personatges per a crear el personatge definitiu.

Un cop es tenen els personatges creats, comença la part del disseny en si. Aquí Rex (2012, p. 335) [2] proposa fer 5 passos on cada cop es refina més el disseny, fins a assolir el disseny definitiu. Aquestes etapes són:

- Ideació i esbossos
- Disseny conceptual
- Disseny intermedi
- Disseny detallat
- Refinat del disseny

Ideació i esbossos

Aquest primer pas consisteix en explorar idees. Per una banda amb la ideació, és a dir, el procés de formar idees per el disseny, la qual cosa normalment és fa amb una pluja d'idees. Per l'altre es creen esbossos per a plasmar les idees d'alguna de les persones que està dissenyant. És important remarcar que les idees o esbossos que es creen en aquest pas han de tenir un nivell de detall molt baix. El que es busca és un primer contacte amb les idees, per tant és important deixar llibertat per a que sorgeixin el màxim d'idees, sense limitar-les a si semblen factibles o no.

Disseny conceptual

Per disseny conceptual s'entén, un tema, noció o idea amb el propòsit de comunicar una visió del disseny del sistema o producte. És la part del disseny del sistema que porta el model mental del dissenyador a la vida. Aquí es busca avaluar i comparar diversos dissenys conceptuals mirant també la seva viabilitat.

Disseny intermedi

L'objectiu del disseny intermedi és crear la navegació, estructura i disseny de les pantalles, amb un nivell de fidelitat mitjà. Parteix dels dissenys conceptuals i es busca descomposar-los en unitats lògiques, expandint-les en diferents possibilitats de disseny.

En el disseny intermedi es defineix completament com ha de ser la navegació. Tot i això el contingut de cada apartat o pàgina només es mostra de forma aproximada, amb un nivell de fidelitat mitjà, sense masses detalls. És en aquesta etapa on prenen màxima rellevància els documents que s'han obtingut en l'etapa de construcció de models informatius 2.2.1.

Disseny detallat

En aquest pas es busca detallar el disseny. Aquí es defineix completament l'aparença de tots els elements que apareixen en pantalla, definint els objectes que els formen, colors, mides, fonts, marges i localització de cada un d'ells. A la figura 2.6 es pot veure un exemple de disseny detallat d'una aplicació per Android.

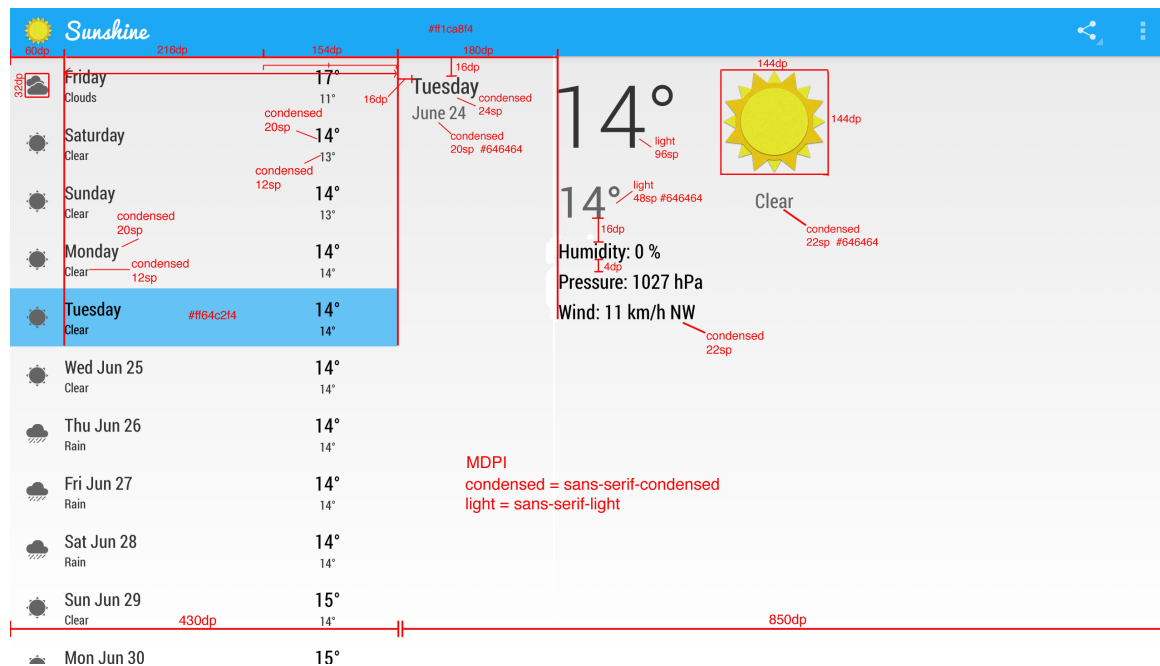


Figura 2.6: Exemple de disseny detallat. Font: Udacity (Developing Android Apps) [9]

Refinat del disseny

Aquesta etapa es centra a buscar i arreglar problemes de UX

2.2.3 Implementació

En la implementació o prototipatge es busca poder avaluar amb els usuaris els dissenys que s'han creat i es du a terme mitjançant prototips, els quals són representacions navegables del producte final. Tal com Nielsen (1993 ??) proposa, els prototips es poden classificar segons la funcionalitat i segons les funcions o característiques que implementen, tal com es veu a la figura 2.7. També defineix els prototips horitzontals, verticals i locals. Aquests es caracteritzen per:

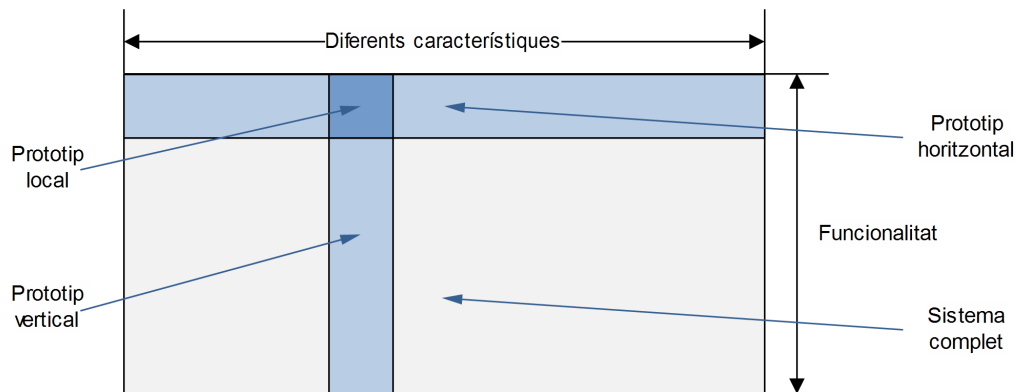


Figura 2.7: Tipus de prototips

Prototip Horitzontal És caracteritzat per tenir moltes funcions però amb una profunditat molt baixa de funcionalitat. Serveix per a demostrar les diferents característiques o funcions que tindrà el producte, de manera que es pot veure de forma general les seccions o apartats i la navegació en general.

Prototip Vertical Aquest tipus de prototip té una profunditat màxima de funcionalitat però centrat només en unes poques funcions. S'utilitza per avaluar amb suficient detall algunes funcions concretes del producte.

Prototip Local És un tipus de prototip on només implementa unes poques funcions i amb poca profunditat en quan a funcionalitat. S'utilitzen per avaluar diferents alternatives de disseny per a certs detalls d'interacció amb el sistema.

Els prototips també es poden classificar segons el nivell de fidelitat, és a dir, com de "finalitzat" percep l'usuari el prototip. Es classifiquen doncs en baixa, mitja o alta fidelitat.

Prototips de baixa fidelitat Aquests prototips s'utilitzen en les primeres etapes de disseny, ja que impliquen poca feina i per tant són senzills de modificar. Aquest tipus de prototips habitualment es fan dibuixant amb paper i bolígraf.

Prototips de mitja fidelitat Es tracta d'un terme mig entre prototip de baixa i el d'alta fidelitat. Tot i que no representen l'aspecte final del producte, si s'acosten donant una idea més real de com serà. Aquests tipus de prototips normalment es creen amb programes especials per a ordinadors.

Prototips d'alta fidelitat Els prototips d'alta fidelitat tenen un aspecte i comportament molt realista i pròxim al producte final. S'utilitzen per a polir i refinar el disseny del producte.

Quan menys fidel és un prototip, és alhora més susceptible de canviar. I és que un prototip de baixa fidelitat és percebut com a poc fidel al producte final per un usuari, i com a conseqüència, desinhibeix als usuaris a l'hora de criticar-lo i aportar idees per a millorar-lo. En canvi, en un prototip d'alta fidelitat, al ser tant pròxim al producte final, l'usuari percep que hi ha molta feina darrere d'aquest i que per tant és complicat modificar-lo i això portarà a que tendeixi a no criticar-lo, amb la idea de no menystenir la feina d'altres persones. Tot i això, els prototips de baixa fidelitat són complicats d'entendre per les persones que no estan familiaritzades, per això és recomanable que només s'utilitzin i es comparteixin amb l'equip de disseny i, si existeixen, amb usuaris que estiguin familiaritzats amb el procés de disseny. Per tant, de forma general, els prototips de mitja fidelitat són els primers que es comparteixen amb els usuaris.

Els prototips són representacions navegables que exemplifiquen com serà el producte o sistema. Com a tals, hi ha varies maneres d'aconseguir que siguin navegables, permetent més o menys interacció. Es tenen doncs:

Prototips de paper Consisteix en crear en paper els diferents elements del sistema i utilitzar una base per a poder-los mostrar. L'usuari simula clics als diferents elements i l'avaluador far aparèixer els elements necessaris que corresponen a la resposta del clic que ha fet l'usuari.

Prototips "Mag d'Oz" Aquests tipus de prototips es basen en dos aparells, un per a l'usuari i un per l'avaluador. L'usuari interactuarà amb el seu dispositiu i l'avaluador, amb l'altre dispositiu rebrà les accions de l'usuari i les respondrà simulant el comportament del sistema.

Prototip completament programat És un prototip programat que representa de manera bastant fidel el producte/sistema final.

Durant la creació d'un producte el més habitual és començar creant prototips horitzontals de baixa fidelitat per a poder generar una primera impressió del producte. A mesura que es va perfeccionant el producte, es va millorant la fidelitat d'aquest i permetent més interacció de manera que els usuaris notin que interactuen amb prototip molt semblant al producte final. D'aquesta manera s'inverteixen pocs recursos amb els primers prototips ja que són més susceptibles de canviar i un cop es sap que el producte va per el bon camí es quan es creen els prototips d'alta fidelitat, invertint només una quantitat elevada de recursos quan és necessari.

2.2.4 Avaluació

Per avaluació s'entén validar que el producte compleix les expectatives dels usuaris. Per a fer-ho, hi ha dos tipus d'avaluació, l'avaluació formativa i la sumarial.

Avaluació formativa Es tracta d'un primer diagnostic. Consisteix en recol·lectar informació qualitativa per identificar i arreglar problemes de UX i les seves causes en el disseny.

Avaluació sumarial Consisteix en recol·lectar informació quantitativa per assegurar un nivell de qualitat en un disseny, especialment per a l'avaluació de la millora de la UX a causa de l'avaluació formativa. Es dur a terme en les últimes fases de disseny quan els prototips ja tenen una fidelitat alta.

La informació que s'obté a l'avaluació pot ser objectiva o subjectiva i quantitativa o qualitativa.

Informació objectiva Es tracta d'informació observada per l'avaluador o per l'usuari sobre inconsistències o problemes.

Informació subjectiva Són les opinions o judicis del usuaris respecte a la seva UX i la satisfacció al interactuar amb el producte.

Informació quantitativa És la informació numèrica que demostra la qualitat del producte. S'obté a través d'analitzar el rendiment o amb qüestionaris i és la base de l'avaluació sumarial.

Informació qualitativa És informació descriptiva que normalment descriu problemes d'UX observats durant la utilització del producte.

Per a poder recopilar informació a l'hora d'avaluar, Rex (2012, p. 360 - 490) [2] proposa un seguit de tècniques:

- Detecció d'incidents crítics
- Tècnica "pensar en veu alta"
- Demostració del producte
- Inspecció
- Qüestionaris
- Versions alfa/beta
- Mètriques UX

Detecció d'incidents crítics

Un incident crític és un esdeveniment observat durant el desenvolupament de les tasques que ha produït sorpresa, ha molestat o inquietat a l'usuari per la seva falta de coherència o per presentar resultats inesperats per l'usuari. La detecció d'incidents crítics consisteix en analitzar els usuaris mentre utilitzen el producte per a poder trobar-los. És una tècnica d'avaluació formativa que serveix per a recopilar informació qualitativa. Els incidents crítics sovint són expressats verbalment per els usuaris, però a vegades també poden ser expressats de forma no verbal mitjançant un titubeig, encongiment d'espatlles o alguna ganyota.

Tècnica "pensar en veu alta"

La tècnica "pensar en veu alta" és una tècnica per aconseguir informació qualitativa que, com el seu nom indica, consisteix en què el usuari expressin verbalment els seus pensaments, els seus motius i la seva percepció sobre els problemes d'UX en quan a la interacció amb el producte quan l'estan fent servir. Amb aquesta tècnica s'aconsegueix entendre que és el que l'usuari intenta fer en tot moment i quins problemes experimenta. És important que els usuaris expliquin què és el que estan pensant, no el que estan fent, ja que això és el que seria més complicat de saber sense fer servir aquesta tècnica.

Demostració del producte

Una demostració o *walkthrough* és un mètode que s'acostuma a fer servir en les primeres etapes de disseny abans que existeixi algun prototip. Consisteix en ensenyar el producte als usuaris fent-se passar per un, de manera que aquests veuran el disseny com si fossin uns experts. La idea és que l'equip intenta anticipar-se als problemes que els usuaris podrien tenir si fossin ells els que estiguessin utilitzant el producte.

Inspecció

La inspecció consisteix en que un expert en UX provi i avalui ell mateix el producte enlloc de que el facin servir usuaris mentre l'expert els observa. Per tant, l'avaluador fa alhora d'observador i participant. Aquesta tècnica és útil a les primeres etapes del disseny per a poder trobar els problemes d'UX més evidents a un baix cost.

Qüestionaris

Els qüestionaris són la eina principal per a recol·lectar informació objectiva del producte. S'utilitzen principalment com a una eina de formació sumarial. Hi ha molts qüestionaris creats específicament per avaluar l'UX, tot i això els més coneguts i d'ús lliure són:

- Qüestionari per a la satisfacció amb la interfície d'usuari o *Questionnaire for User Interface Satisfaction* (QUIS).
- Escala d'usabilitat del sistema o *System Usability Scale* (SUS).
- Utilitat, satisfacció i facilitat d'ús o *Usefulness, Satisfaction and Ease of Use* (USE).

Versions alfa/beta

Quan el producte és una aplicació de *software* i el procés de desenvolupar-la s'ha acabat és habitual que s'envii primer a certs usuaris, experts, clients i crítics professionals per a que en donin la seva opinió. Una versió alfa és una versió més prematura i menys polida del producte que s'envia a una audiència més reduïda també a l'objectiu d'aconseguir la seva opinió. Aquestes versions són una forma gratuïta d'aconseguir les opinions dels usuaris abans de llançar finalment el producte al mercat i serveixen per a comprovar com acollirà el públic el producte. Sovint també serveix per a detectar errors que s'hagin pogut passar per alt al desenvolupar el producte.

Taula 2.1: Taula exemple de les mètriques UX

Objectiu UX	Mesura UX	Mètrica UX	Cota	Valor observat
Facilitat d'ús	Rendiment inicial de l'usuari	Temps mitjà	3 min.	2,5 min.
Facilitat d'ús	Rendiment inicial de l'usuari	Nombre mitjà d'errors	< 1	< 1

Mètriques UX

Aquesta tècnica consisteix en establir certs objectius en quan a UX que siguin quantificables. Un cop establits, es defineix un valor mínim o cota, normalment amb un producte ja existent. Quan ja es té un valor es tracta de calcular el valor de cada mètrica amb el prototip i veure si és supera la cota. En aquesta tècnica es fan servir les taules de mètriques com per exemple la taula 2.1.

2.3 El procés iteratiu

A l'hora de dissenyar per a una bona UX és important fer les quatre activitats fonamentals de forma iterativa per tal d'assegurar que la solució realment és bona. Per tant, quan es fa un estudi d'UX és comença amb un anàlisi utilitzant els productes/sistemes semblants al que es vol dissenyar per a veure com els usuaris interactuen amb ell i que n'esperen. Un cop finalitzada l'etapa de l'anàlisi per primer cop, es faran els primers dissenys i s'implementaran fent els primers prototips de baixa fidelitat per no malbaratar recursos. Amb aquests prototips s'avaluarà la idoneïtat de la solució dissenyada i, si s'escau, es corregiran els documents que s'havien aconseguit a l'etapa de l'anàlisi. Un cop s'ha fet la primera iteració, s'anirà fent dissenys cada cop més detallats i implementant prototips de fidelitat més alta. D'aquesta manera s'acabarà arribant a un disseny definitiu i a un prototip que serà molt semblant a com ha de ser el producte final.

Al ser un procés iteratiu pot semblar que a les primeres iteracions no és imprescindible arribar a un disseny i/o prototip bo, ja que en les següents iteracions ja s'aconseguirà que aquests siguin bons. Però a la realitat això no és així, cada iteració implica utilitzar recursos, per tant per a ser eficients és millor no fer masses iteracions. És a dir, des d'un bon principi és busca aconseguir dissenyar garantint la millor UX possible.

A la taula 2.2 és mostra un resum aproximat de com és relacionen les diferents etapes entre si. És una representació dels passos que es segueixen durant el procés iteratiu. Tot i que s'ha intentat ordenar cronològicament en funció de l'ordre d'execució, a la realitat és habitual que algunes etapes es solapin o es duguin a terme simultaneïtat, sobretot quan s'estan explorant diversos possibles dissenys.

Taula 2.2: Relacions entre les diverses etapes en un estudi d'UX

Passos del disseny	Propòsit	Prototip	Avaluació
Ideació i esbossos	Explorar idees de disseny	Esbossos	Discutint i criticant amb l'equip de disseny
Disseny conceptual	Avaluar i comprar múltiples dissenys conceptuals	Prototips de paper i <i>wireframe</i> i <i>storyboards</i> de baixa fidelitat	Fent demostracions del producte als equips de treball involucrats amb el producte
Disseny intermedi	Filtrar els dissenys conceptuals, tot definint la navegació, fins a arribar al disseny conceptual definitiu	<i>wireframes</i> d'alta o mitja fidelitat	Validar amb els usuaris (Avaluació formativa)
Disseny detallat	Definir completament el disseny, definint amb detall l'aparença, la distribució i comportament de les pantalles	<i>wireframes</i> d'alta fidelitat i maquetes o prototips interactius	Validar amb els usuaris (Avaluació formativa)
Refinat del disseny	Avaluar el disseny final alhora que trobar i eliminar el màxim de problemes de UX	Prototip programat d'alta fidelitat	Validar amb els usuaris (Avaluació sumarial)

Chapter 3











Estat de l'art

3.1 Aplicacions existents

En quan a les aplicacions que es poden trobar actualment a Google Play, la botiga virtual d'aplicacions per Android, existeixen moltes que serveixen per a la gestió de despeses. És per això que s'estudiaran només les més rellevants i representatives, les quals tenen un mínim de 100.000 descarregues. Les aplicacions que s'han tingut en compte són les de la taula (3.1).

Actualment hi ha dos tipus d'aplicacions relacionades amb la gestió de despeses. Per una banda les que serveixen per enregistrar les despeses i/o ingressos personals, tot categoritzant-los (Aplicacions 1 - 8) i per l'altra les que serveixen per a gestionar despeses compartides en grup i/o deutes personals amb coneguts (Aplicacions 9 i 10).

Per a veure el grau de satisfacció dels usuaris amb les aplicacions existents s'ha fet servir el qüestionari *SUS* amb 4 usuaris. Amb els resultats s'ha fet la mitjana dels 4 usuaris per cada aplicació donant com a resultat els valors de la figura (3.1). Com es pot veure els usuaris no tenen una bona UX al fer servir varies d'aquestes aplicacions, ja que obtenen una nota bastant baixa.

Núm.	Icona	Nom	Autor
App 1		Expense Manager	Bishinews
App 2		Expense Manager	Markus Hintersteiner
App 3		Droid Wallet	William Bruno
App 4		Financius - Expense Manager	Mantas Varnagiris
App 5		Expense IQ	Handy Apps
App 6		Diario Gasto Gerente (Daily Expense Manager)	Gullak
App 7		Money lover - Expense Manager	ZooStudio
App 8		AndroMoney (Expense Track)	AndroMoney
App 9		Settle up	David Vávra
App 10		Splitwise	Splitwise

Taula 3.1: Taula amb les aplicacions existents

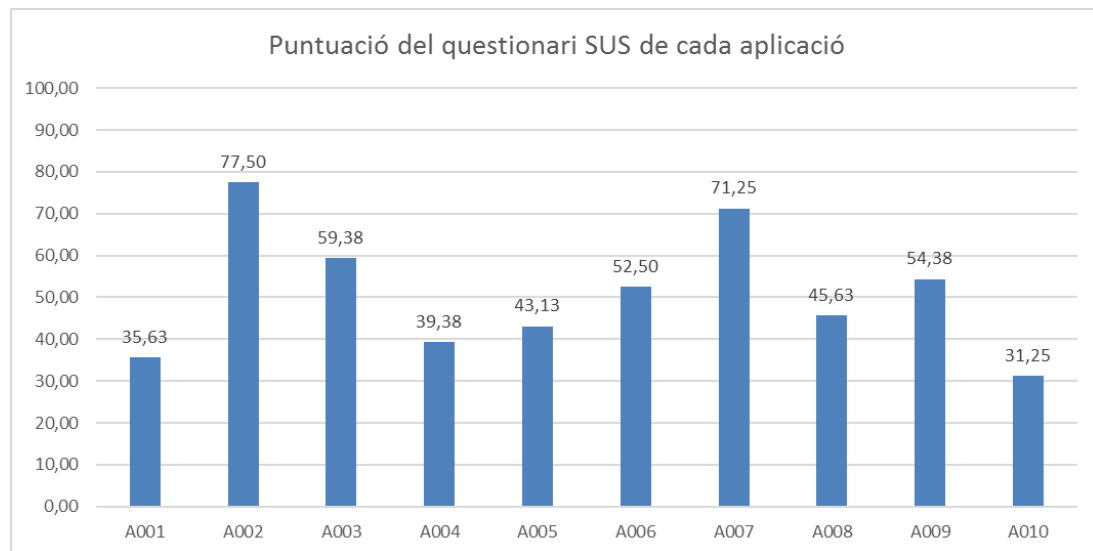


Figura 3.1: Puntuació de les aplicacions existents amb el questionari SUS

Chapter 4

Estudi UX

4.1 Anàlisi

L'objectiu d'aquest apartat és definir com seran els usuaris potencials de l'aplicació. Per a fer-ho s'analitzarà com interaccionen amb les aplicacions de gestió de despeses per extreure les necessitats i els requeriments del producte.

4.1.1 Investigació contextual

En aquesta secció s'ha estudiat com els usuaris gestionen les despeses. Per a fer-ho, s'han enquestat 9 usuaris sobre com gestionen actualment les seves despeses, demanant que mostressin com ho feien. A més a més, a 4 d'aquests 9 usuaris se'ls ha demanat que utilitzessin varies aplicacions ja existents al mercat (Google Play). Un cop les feien servir en directe se'ls preguntava quines coses els havien agradat i quines no.

La totalitat de l'entrevista ha estat transcrita al moment i conduïda per la plantilla de la figura 4.1. És important remarcar que tot i ser una entrevista es buscava, sempre que era possible, que els usuaris mostressin com treballen, enlloc de que expliquessin amb paraules com ho fan. També, quan els usuaris utilitzaven les aplicacions s'ha gravat un vídeo amb el què veien a la pantalla mentre feien servir les aplicacions així com el que poguessin estar dient en aquell moment. L'objectiu de fer aquestes gravacions és facilitar, si s'escau, el posterior anàlisi per aclarir parts de l'enquesta que no fossin prou clars. Al comptar amb so, també ha servit per localitzar i identificar les funcions o apartats que frustraven o motivaven als usuaris. Per últim, quan ha estat possible s'han recol·lectat imatges o documents que ensenyessin com els usuaris gestionen les seves despeses i/o ingressos.

4.1.2 Anàlisi contextual

En aquesta secció s'ha creat el model de flux (figura 4.2). També s'ha sintetitzat la informació extreta a la investigació contextual en notes d'activitats de treball. Després amb les notes d'activitats de treball s'ha creat el WAAD, de manera que aquest mostra de manera clara i concisa la informació que s'ha extret dels usuaris. Cada nota d'activitats de treball dins del WAAD està etiquetada amb el numero de nota i un identificador (format per lletres i números) que la posiciona dins el WAAD.

0. Explicar l'enquesta

- 1. Estudi per el PFC
- 2. Durada aproximada de 30 minuts

1. Dades Personals.

Nom:	John Doe	ID:	U002
Edat:	99	Gènere:	Masculí
Data:	32/13/2019		
Inici:	25:61	Fi:	25:61

2. Gestió de les despeses que fa actualment.

- 2.1 Demanar que ensenyin com gestionen les despeses actualment.
 - 2.2. Preguntar si fan servir alguna app, en cas afirmatiu, demanar que l'utilitzin.
 - 2.3. Que enregistren?
 - 2.4. Fan algun tipus d'anàlisis a posteriori?
 - 2.5. Que es el que més els agrada del sistema que fan servir actualment.
 - 2.6. Que es el que menys els agrada?
 - 2.7. Que milloraria?
 - 2.8. Que considera important per a la gestió de despeses.
- (apuntar hora de finalització)

- 3.9. Financisto
- Comentaris al finalitzar
- 3.10. Settle up
- Comentaris al finalitzar
- 3.11. Splitwise
- Comentaris al finalitzar

3. Utilitzar apps de prova

- 3.1. Expense Manager (Bishinews)
- Comentaris al finalitzar
- 3.2. Expense Manager (Markus Hinterseiner)
- Comentaris al finalitzar
- 3.3. Droid Wallet
- Comentaris al finalitzar
- 3.4. Financius – Expense Manager
- Comentaris al finalitzar
- 3.5. Expense IQ
- Comentaris al finalitzar
- 3.6. Daily Expense Manager
- Comentaris al finalitzar
- 3.7. Money lover – Expense Manager
- Comentaris al finalitzar
- 3.8. AndroMoney (Expense Track)
- Comentaris al finalitzar

A tenir en compte

- 1. No es recomanable preguntar als usuaris com treballen, és millor observar com treballen.
- 2. S'ha de definir els rols que juga cada usuari.
- 3. S'ha d'aprendre com els usuaris treballen.
- 4. A l'hora descriure
 - a. “Cites directes”
 - b. Anotacions sobre que fan els usuaris
 - c. (Interpretacions pròpies)
 - d. [Propostes de disseny]
 - e. {Mínut del vídeo en que es comenta (format minut “.” segon)}
- 5. Si surten propostes de disseny, investigar perquè sorgeixen.
- 6. Recol·lectar imatges si es possible
- 7. És bona idea buscar la part emocional

Figura 4.1: Plantilla emprada a la investigació contextual

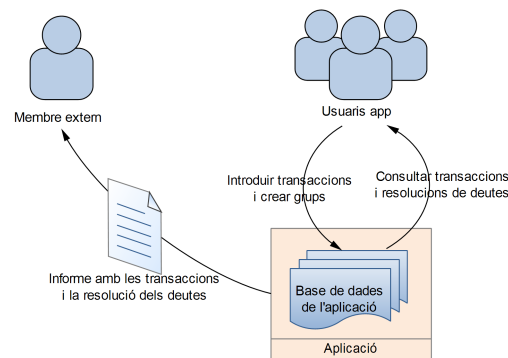


Figura 4.2: Model de flux

4.1.3 Extracció dels requeriments d'interacció

Aquí s'han extret els requeriments d'interacció a partir del WAAD. A més a més, tal com recomana Rex Hartson (2012, p.168) també s'han inclòs de color verd els requeriments del sistema. S'han marcat amb un triangle (▲) els requeriments més importants per tal de ressaltar-ne la seva importància. També, com que sovint l'usuari no menciona les coses que considera obvies, s'han extrapolat aquells requeriments que no estaven mencionats directament però que els usuaris esperen. Per últim, per a poder localitzar la font de cada requeriment, s'ha etiquetat entre claudàtors l'identificador del WAAD de la nota d'activitats de treball de la qual prové.

4.1.4 Construcció de models informatius per al disseny

En aquesta secció s'han creat els diversos models descrits a l'apartat 2.2.1. Tot i això, com que el producte que s'està dissenyant és una aplicació per a *smartphones* no s'ha creat ni el Model d'artefacte ni el model físic, ja que cap dels dos aporta informació útil en aquest cas.

Chapter 5

Parts rellevants de l'aplicació

5.1 Problema del repartiment de despeses

Una de les funcions que ha de desenvolupar l'aplicació és fer una proposta sobre com solucionar els deutes existents entre els membres d'un grup. Tot i que en un principi es podria intentar resoldre pensant en les transaccions que ha fet cada membre, a l'hora de solucionar els deutes només cal tenir en compte el balanç de cada persona, tal com exposa David Vávra (creador de l'aplicació Settle Up) a la seva Tesis final de Màster (2012, p. 6-7) [8].

Un cop s'analitza el problema es pot veure que s'assembla al típic problema del transport, on s'ha de transportar de les fàbriques als magatzems, amb la diferència qualsevol emparellament té un cost nul i el que es busca és minimitzar el nombre de transaccions.

Agafem com a exemple les següents persones amb els següents balanços:

Persona	Balanç
Arnau	20,33
Berta	-3,90
Càrol	-10,01
David	8,57
Elena	-15,07

Es pot veure que la Berta, la Càrol i l'Elena vindrien a ser les fàbriques i que l'Arnau i el David els magatzems als quals s'han d'enviar els diners. A continuació es mostra el problema juntament amb una solució possible.

		20,33	8,57
		Arnau	David
3,9	Berta		3,9
10,01	Càrol	5,32	4,69
15,01	Elena	15,01	

Cal notar que degut a arrodoniments al calcular quan ha

gastat cada persona en cada transacció es possible que la suma de tots els balanços no sigui 0. S'ha optat per beneficiar als creditors, de manera que tots els deutors paguin tot el que els correspon i que els creditors cobrin tot el que han deixat com a mínim, i si s'escou, alguns decimals de més.

David Vávra proposa solucionar el problema minimitzant només el nombre de transaccions total que s'hauran d'efectuar. Per a fer-ho proposa fer servir un mètode heurístic i posteriorment, si el nombre de persones del grup no es molt elevat, buscar la solució òptima. Per a trobar-la calcula totes les possibilitats. Aquesta manera de resoldre no és el més eficient possible. A més,

si s'analitza en més profunditat el problema es pot veure que un bon repartiment no només ha de minimitzar el nombre total de transaccions. Entre altres aspectes que es poden tenir en compte, un bon repartiment serà aquell que:

- Minimitzi el nombre màxim de transaccions totals
- Minimitzi el nombre màxim de transaccions que ha de fer una sola persona
- Si es possible emparelli persones que es coneixen entre elles

Una manera de resoldre el problema tenint en compte aquests nous objectius és fent ús de la programació lineal. Concretament es té un de Programació Lineal Entera Mixta (PLEM).

5.1.1 Primera modelització del problema amb resolució exacte

A continuació es modelarà el problema de solucionar els deutes d'un grup. Per a fer-ho només es buscara que minimitzi el nombre màxim de transaccions totals i el de transaccions que ha de fer una sola persona. Si bé, com ja s'ha dit, una bona solució també tindria en compte l'afinitat entre persones, això és més difícil de modelar i de descobrir sense forçar als usuaris a introduir molta informació. Tot i això la modelització serà prou flexible per a que si en un futur es vol afegir aquest objectiu, és pugui.

Dades

NC = nombre de creditors

ND = nombre de deutors

D_i = diners que deu la persona $i \in (1 \dots ND)$ [€].

C_j = diners que li deuen a la persona $j \in (1 \dots NC)$ [€].

Variables

x_{ij} = diners que dona la persona $i \in (1 \dots ND)$ a la persona $j \in (1 \dots NC)$ [€].

p_{ij} = binaria que indica si la persona $i \in (1 \dots ND)$ paga a la persona $j \in (1 \dots NC)$.

a = màxim de transaccions dels deutors.

b = màxim de transaccions dels creditors

Restriccions

$\sum_{\forall j} x_{ij} \geq D_i \quad \forall i$ Cada deutor ha de pagar com a mínim el que li correspon

$\sum_{\forall i} x_{ij} \geq C_j \quad \forall j$ Cada creditor ha de rebre com a mínim el que li correspon

$x_{ij} \leq M \cdot p_{ij} \quad \forall i \forall j$ Forçar valor de p_{ij} (M valor suficientment gran, per exemple $M = \sum_{\forall i} D_i + \sum_{\forall j} C_j$)

$\sum_{\forall j} p_{ij} \leq a \quad \forall i$ Forçar valor de a

$\sum_{\forall i} p_{ij} \leq b \quad \forall j$ Forçar valor de b

Funció Objectiu

[min] $z = \sum_{\forall i \forall j} p_{ij} + \lambda \cdot (a + b)$ Es busca minimitzar el nombre total de transaccions, així com el nombre de transaccions màximes que farà una sola persona

Paràmetres

λ = usat per decidir el pes a la funció objectiu de cada part

5.1.2 Modelització millorada amb resolució exacte

La modelització anterior en alguns casos no trobava una solució factible, degut als arrodoniments a l'hora de calcular els balanços (pas previ a la solució del PLEM). La idea general d'aquesta modelització es calcular els diners que un deutor pagà a un creditor que formen part del deute per una banda i per l'altre els diners extra que ha de pagar (tot i que no li corresponen). Aquests diners extra sortiran a la funció objectiu amb una penalització molt elevada per tal que al resoldre el PLEM només siguin més grans de zero en cas de ser necessari. Vist per la banda dels creditors es farà el mateix, es calcularà els diners extra que han de rebre per tal que els deutors paguin el necessari. De fet aquestes dues variables corresponen a les variables de marge associades a la primera i segona restricció respectivament.

Dades

x_{ij} = diners que dona la persona $i \in (1 \dots ND)$ a la persona $j \in (1 \dots NC)$ [€].

p_{ij} = binaria que indica si la persona $i \in (1 \dots ND)$ paga a la persona $j \in (1 \dots NC)$.

a = màxim de transaccions dels deutors.

b = màxim de transaccions dels creditors

Variables

x_{ij} = diners que dona la persona $i \in (1 \dots ND)$ a la persona $j \in (1 \dots NC)$ [€].

p_{ij} = binaria que indica si la persona $i \in (1 \dots ND)$ paga a la persona $j \in (1 \dots NC)$.

a = màxim de transaccions dels deutors.

b = màxim de transaccions dels creditors

t_i = diners extres que ha de pagar la persona $i \in (1 \dots ND)$ [€].

q_j = diners extres que ha de rebre la persona $j \in (1 \dots NC)$ [€].

Restriccions

$$\begin{array}{ll}
\sum_{\forall j} x_{ij} + t_i = D_i \quad \forall i & \text{Cada deutor ha de pagar com a mínim el que li correspon} \\
\sum_{\forall i} x_{ij} + q_j = C_j \quad \forall j & \text{Cada creditor ha de rebre com a mínim el que li correspon} \\
x_{ij} \leq M \cdot p_{ij} \quad \forall i \forall j & \text{Forçar valor de } p_{ij} \text{ (M valor suficientment gran, per exemple } M = \sum_{\forall i} D_i + \sum_{\forall j} C_j) \\
\sum_{\forall j} p_{ij} \leq a \quad \forall i & \text{Forçar valor de } a \\
\sum_{\forall i} p_{ij} \leq b \quad \forall j & \text{Forçar valor de } b
\end{array}$$

Funció Objectiu

$$[\min] z = \sum_{\forall i \forall j} p_{ij} + \lambda_1 \cdot \sum_{\forall i} t_i + \lambda_2 \cdot \sum_{\forall j} q_j + \lambda_3 \cdot a + \lambda_4 \cdot b$$

Es busca minimitzar el nombre total de transaccions, així com el nombre de transaccions màximes que farà una sola persona

Paràmetres

λ = usat per decidir el pes a la funció objectiu de cada part

Post-procés

Finalment, per calcular que ha de pagar cada persona es repartiran els diners extres que han de rebre els creditors per tal que tots ells rebin com a mínim tot el que es deu. No es repartiran els diners extres que han de pagar els deutors ja que amb què els creditors rebin el que se'ls hi devia ja n'hi ha prou. Aquests diners extres que un creditor ha de rebre es repartiran entre totes les persones que han de donar-li diners, deixant de banda els deutors que no han de pagar res a aquell creditor.

Per tant el deutor **i** pagarà al creditor **j**: $\frac{x_{ij} + q_j * p_{ij}}{\sum_{\forall k} p_{ik}}$

5.1.3 Estudi del temps computacional de la modelització millorada

Un cop es té una bona modelització del problema, cal provar-la amb un aparell i dades reals per comprovar que el temps necessari per resoldre el problema no sigui excessiu. Per a fer-ho s'ha utilitzat un Nexus 5 i la llibreria per a resoldre problemes de programació lineal LP solve.

En un primer moment s'ha fet servir les dades de 17 balanços provinents de grups de despeses reals creats amb l'aplicació Settle Up. S'ha calculat el temps de resolució per a cada cas 5 cops i s'ha fet la mitjana per cada cas. Analitzant les dades en un primer moment (figura 5.1) sembla que:

1. El temps d'execució és sempre molt baix
2. El temps depèn de forma logarítmica del nombre de nodes (N) del problema. ($N = 2 * NC * ND + NC + ND + 2$)

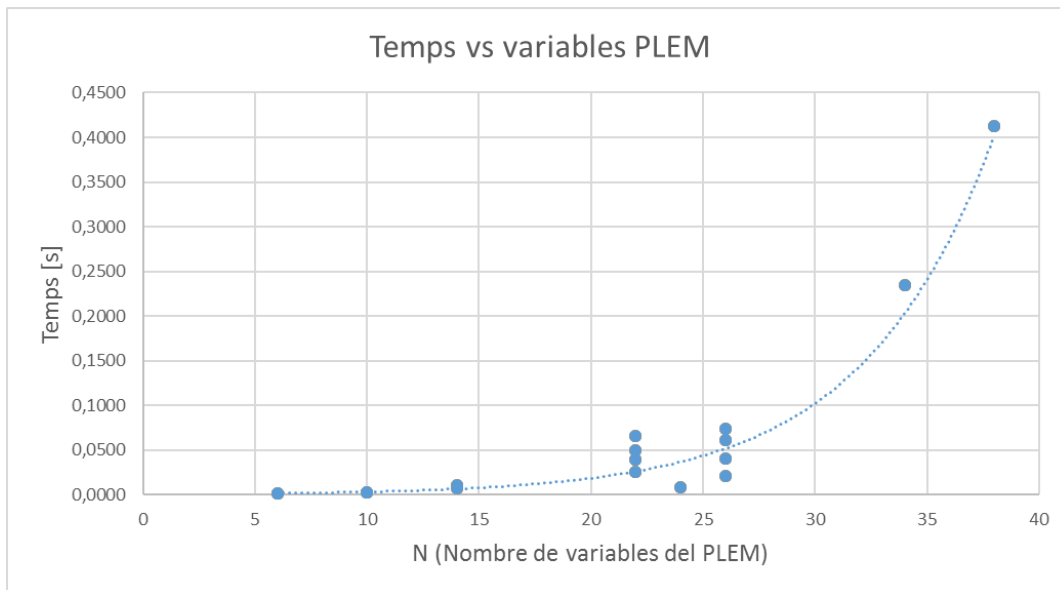


Figura 5.1: Temps per resoldre el PLEM en funció del nombre de nodes (N)

Per a comprovar aquestes hipòtesis s'ha afegit un joc de dades inventat on el nombre de nodes fos més elevat. Amb aquest joc de dades el temps ja no era menor d'un segon (figura 5.2), com en els altres casos, sinó que estava prop dels 3 minuts.

Finalment i després de diverses proves s'ha comprovat que el temps en realitat depèn de forma logarítmica del nombre de deutors i creditors conjuntament, tal com es pot veure a la figura 5.3. S'han emprat 61 jocs de dades creats de manera que es calculessin la majoria de combinacions possibles de NC i ND amb un temps d'execució relativament baix. Com abans, cada cas s'ha calculat 5 cops i s'ha fet la mitjana dels 5 temps.

Aquest temps d'execució elevat és degut al *Branch and bound*. Per trobar una solució amb valors reals, el temps és menor d'un segon, però al intentar trobar una solució amb valors enters tot assegurant què és òptima el temps ja es eleva.

5.1.4 Algoritme final

Finalment s'ha decidit calcular la solució òptima, restringint el programa a un temps d'execució de 3 segons, juntament amb una resolució heurística que proposa David Vávra (2012, p. 6-7) [8]. Si en aquest temps el programa troba una solució factible, és comparada amb la solució heurística per veure quin té millor valor de la funció objectiu. Si amb la resolució òptima no s'arriba a una solució factible s'utilitzarà l'aconseguida amb l'heurística.

5.2 Disseny de la base de dades

A l'hora d'emmagatzemar les dades de la aplicació s'ha optat per fer servir *SQLite* de forma local al *smartphone* i fer ús del *Backend as a Service* (*BaaS* Parse.com). Per tant s'ha dissenyat una base

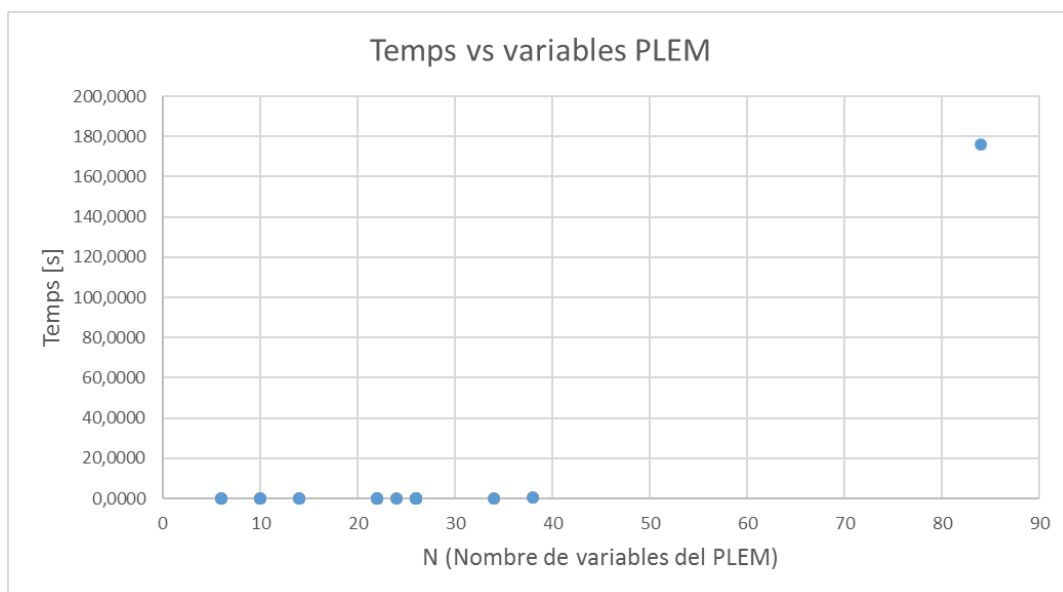


Figura 5.2: Temps per resoldre el PLEM en funció del nombre de nodes (N)

de dades local i una altre al núvol. La base de dades principal és la local i la del núvol està com a còpia de seguretat i per garantir la sincronització multidispositiu. Les taules que han de ser llegides per varies persones s'han partir en dues, una privada i una pública, al emmagatzemar-les al núvol de manera que el mínim d'informació és accessible per als usuaris que no l'han creat.

A la figura 5.4 es pot veure el disseny de la base de dades local, a la figura 5.5 es pot veure la base de dades al núvol i a la figura 5.6 és pot veure quines columnes són privades i quines públiques a cada taula.

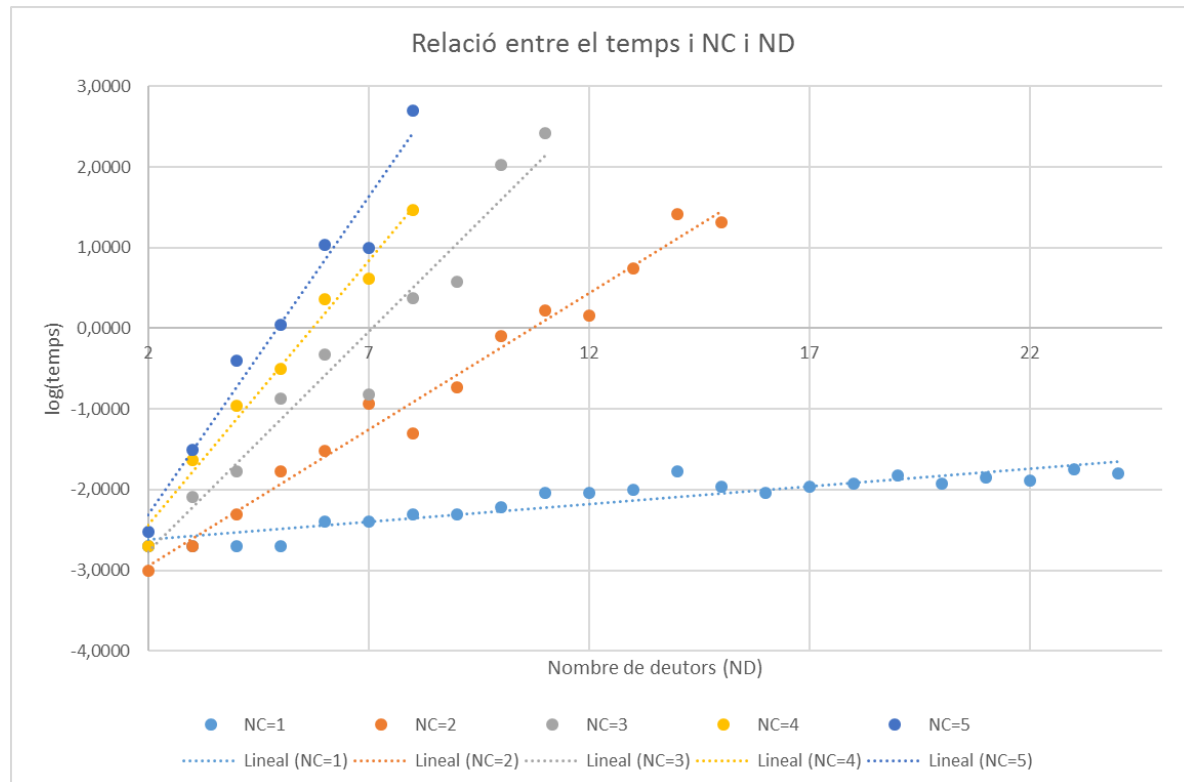


Figura 5.3: Temps per resoldre el PLEM en funció del nombre de creditors (NC) i dels deutors (ND)

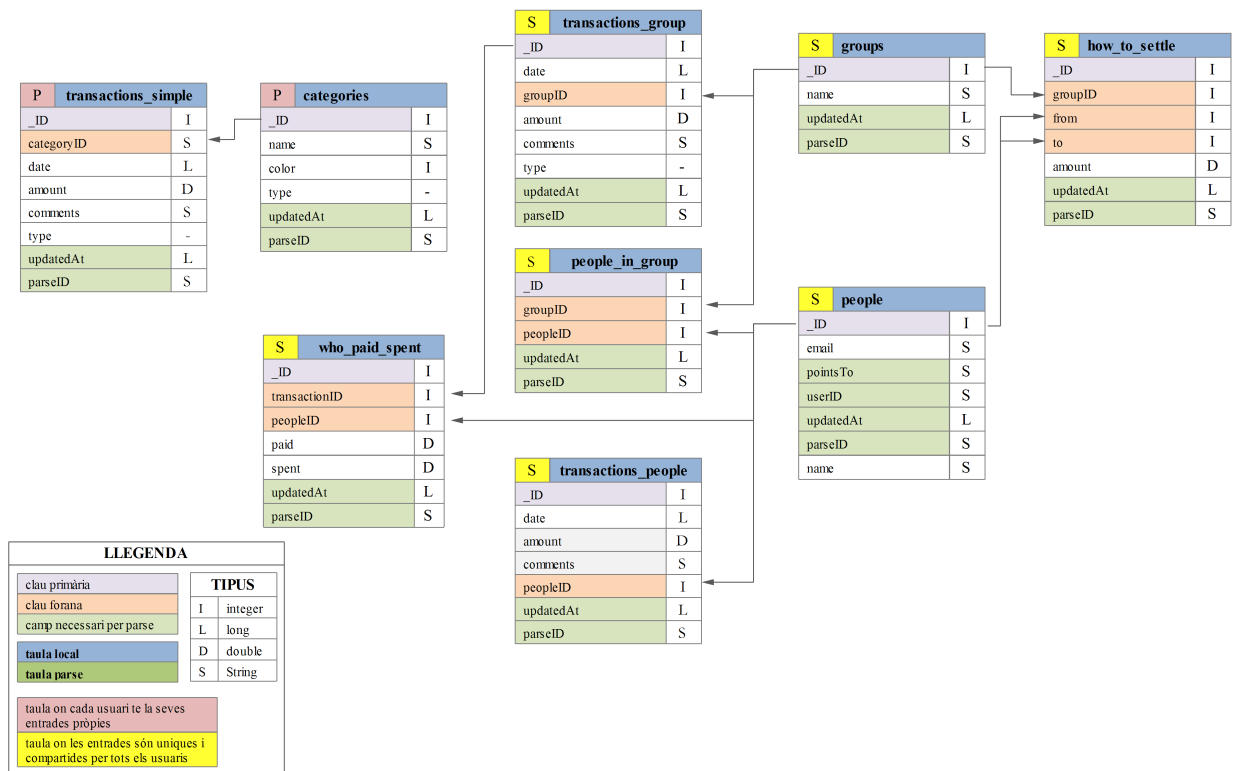


Figura 5.4: Base de dades local amb SQLite

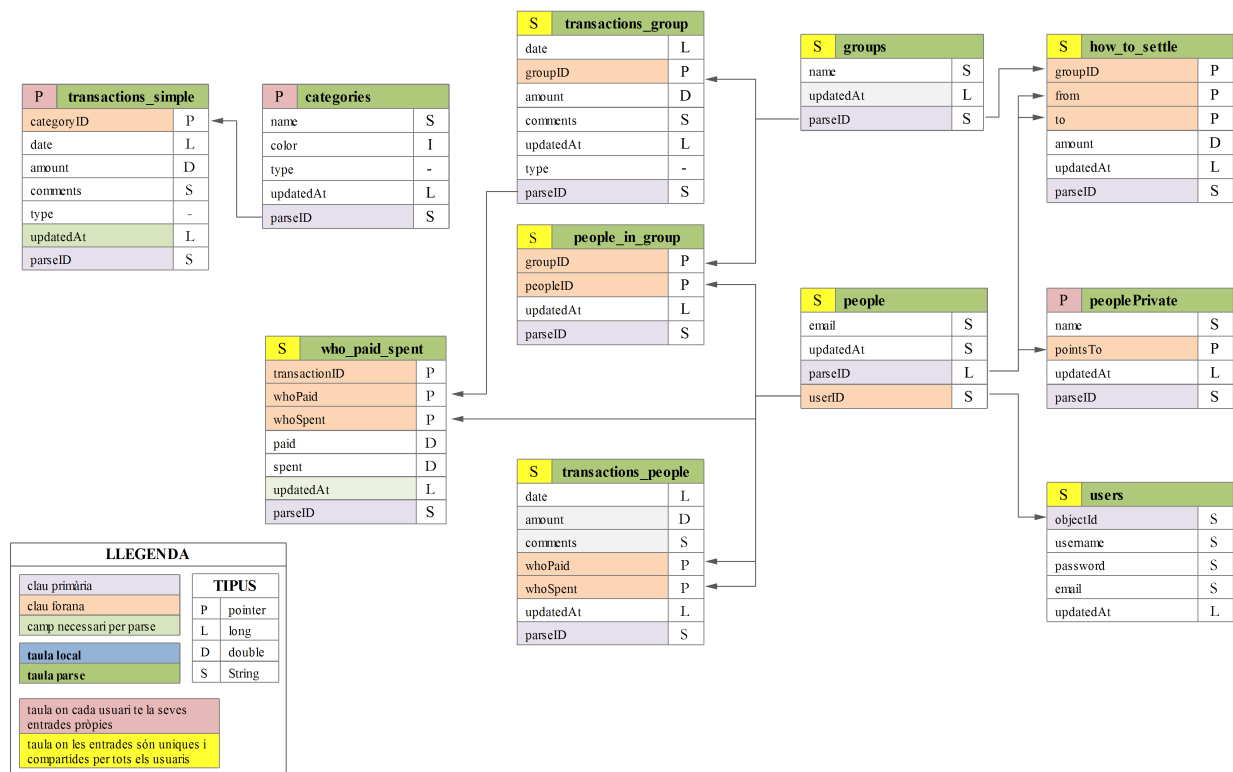


Figura 5.5: Base de dades al núvol amb Parse.com

Taula	Columna					
transaction_simple	categoryID	date	amount	comments	type	
categories	name	color	type			
people	userID	email	name	pointsTo		
groups	name					
people_in_groups	groupID	peopleID				
transaction_group	date	groupID	amount	comments	type	
transaction_people	date	amount	comments	peopleID		
who_paid_spent	transactionID	peopleID	paid	spent		
how_to_settle	groupID	from	to	amount		

Taula	Columna					
Transacció simple	categoria ID	data	quantitat	comentaris	tipus	
Categoria	nom	color	tipus			
Amics	usuari ID	email	nom	apunta a		
Grups	nom					
Persones als grups	grup ID	amic ID				
Transacció grupal	data	grup ID	quantitat	comentaris	tipus	
Transacció amb amics	data	quantitat	comentaris	amics ID		
Qui ha pagat/gastat	transacció ID	amics ID	pagat	gastat		
Com solucionar	grup ID	de	per	amount		

compartit	privat
-----------	--------

Figura 5.6: Columnes privades i compartides de cada taula

Chapter 6

Impacte ambiental

Chapter 7

Estudi de costos

Chapter 8

Conclusions

Chapter 9

Agraiments

Bibliography

- [1] International Data Corporation. *Smartphone OS Market Share, Q2 2014*. [<http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>, 20 d'Octubre del 2014].
- [2] Rex Hartson. *The UX Book: Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience*. EEUU: Elseiver, 2012.
- [3] Alan Cooper. *The Inmates Are Running the Asylum: Why High Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity*. EEUU: Sams Publishing, 2004.
- [4] Smashing Magazine. *User Experience Design*. Alemanya: Smashing Media GmbH, 2012.
- [5] Udacity. *Personas and Use Cases Interview with Rich Fulcher*. [<https://www.youtube.com/watch?v=uL6x1I17gBU>, 22 de Novembre del 2014].
- [6] Beyer i Holtzblatt. *Contextual Design*. EEUU: Elseiver, 1998.
- [7] Jakob Nielsen. *Usability Engineering*. Regne Unit: Academic Press, 1993.
- [8] David Vávra. *Mobile Application for Group Expenses and Its Deployment*. República txeca: Czech Technical University in Prague, 2012.
- [9] Udacity. *Developing Android Apps*. [<https://www.udacity.com/course/developing-android-apps--ud853>, 10 de Febrer del 2015].